

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 8月12日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-234301

[ST.10/C]:

[JP 2002-234301]

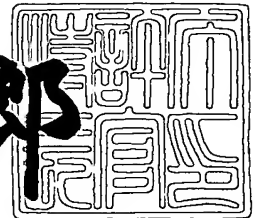
出 願 人
Applicant(s):

株式会社日立ハイテクノロジーズ

2003年 6月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3048544

【書類名】 特許願

【整理番号】 K01020061A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

【氏名】 本田 敏文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所生産技術研究所内

【氏名】 奥田 浩人

【特許出願人】

【識別番号】 501387839

【氏名又は名称】 株式会社 日立ハイテクノロジーズ

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 欠陥検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料の欠陥を検査する欠陥検査方法であって、
観察対象の外観画像を撮像する工程と、
前記観察対象の外観画像が期待した外観と大きく異なる領域を検出する工程と
前記検出した領域の特徴量を算出する工程と、
前記検出した領域が本来もつ外観が類似したものの同士あるいは同一なものの同士あるいは同一なものに近接しているものを同一のグループとして分類する工程と、
前記グループ毎に前記検出した領域の特徴量を集計する工程と、
前記グループに属する前記検出した領域の特徴量と前記集計した特徴量の分布とを比較して前記検出した領域の属性を決定する工程と
を有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 2】

前記検出した領域の属性を決定する工程は、第 1 のステップとして前記検出された領域を前記領域が属するグループにおける前記特徴量の分布をもとに粗分類し、第 2 のステップとして前記第 1 のステップの分類を細分類することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥検査方法。

【請求項 3】

試料を撮像して該試料の画像を取得する工程と、
該取得した画像から欠陥候補を抽出する工程と、
該抽出した欠陥候補をグループ分けする工程と、
該分けたグループごとに該グループに応じた基準を用いて前記欠陥候補の中から真の欠陥を抽出する工程と
を有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 4】

前記抽出した欠陥候補をグループ分けする工程は、前記抽出した欠陥候補の外観が類似したものの同士あるいは同一なものの同士あるいは同一なものに近接してい

るものを同一のグループとして分類することを特徴とする請求項 3 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 5】

前記抽出した欠陥候補をグループ分けする工程は、前記試料の画像を取得する工程と前記欠陥候補を抽出する工程とを前記試料上の複数の領域について行った結果を集計したデータを用いて行うことを特徴とする請求項 3 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 6】

前記欠陥候補の中から真の欠陥を抽出する工程において、前記グループに応じた基準を、該グループに属する欠陥候補の特徴量の情報を用いて決めることを特徴とする請求項 3 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 7】

前記真の欠陥を抽出する工程で抽出した真の欠陥を分類する欠陥分類工程を更に含むことを特徴とする請求項 3 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 8】

試料を撮像して該試料の画像を取得する工程と、

該取得した画像を記憶しておいた参照画像と比較して差画像を生成する工程と

該生成した差画像から第1の閾値を用いて複数の欠陥候補を抽出する工程と、

該抽出した複数の欠陥候補のうち近傍にある欠陥候補同士をグルーピングするグルーピング工程と、

該グルーピングした各グループごとに前記欠陥候補の中から真の欠陥を抽出する工程と

を有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 9】

前記グルーピング工程において、前記抽出した複数の欠陥候補のうち同じ特徴量をもつ欠陥候補について近傍にある欠陥候補同士をグルーピングすることを特徴とする請求項 8 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 10】

前記欠陥候補の中から真の欠陥を抽出する工程において、前記グループに応じた基準を、該グループに属する欠陥候補の特徴量の情報を用いて決めることを特徴とする請求項 8 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 1 1】

試料を撮像して該試料の画像を取得する工程と、
該取得した画像を記憶しておいた参照画像と比較して欠陥候補を検出する工程と、
該検出した欠陥候補の特徴量を抽出する特徴量抽出工程と、
前記検出した欠陥候補の画像と前記抽出した欠陥候補の特徴量を記憶する工程と、
該記憶した欠陥候補の画像と特徴量の情報を用いて前記欠陥候補の中から真の欠陥を抽出する工程と、
該抽出した真の欠陥を詳細に分類する工程と
を有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 1 2】

前記真の欠陥を抽出する工程において、前記記憶した欠陥候補のうち近傍にある欠陥候補同士をグルーピングし、該グルーピングした各グループごとに前記欠陥候補の中から真の欠陥を抽出することを特徴とする請求項 1 1 記載の試料の欠陥を検査する欠陥検査方法。

【請求項 1 3】

試料の欠陥を検査する欠陥検査方法であって、
試料上に繰り返し形成されたチップ内のパターンを順次検査しながら欠陥候補を検出することを前記試料上に形成された複数のチップについて行い、
前記各チップ内の欠陥候補の位置を前記複数のチップについて重ね合わせて近接した欠陥候補同士をグルーピングし、
該グルーピングした各グループごとに欠陥候補の特徴量に応じて欠陥を抽出するための閾値を設定し、
該設定した閾値を用いて前記各グループごとに欠陥候補の中から真の欠陥を抽出し、

該抽出した真の欠陥を該真の欠陥の特徴量に応じて分類する。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は工業製品の欠陥検査方法に関し、特に、高精度な欠陥検出を必要とする L S I や T F T , P D P , 薄膜表示素子などの半導体製品の欠陥を検出する方法およびこの検出した欠陥を評価する方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体の設計ルールの微細化に伴い、半導体製品の製造不良のサイズも極めて小さなものになってきている。このため、従来の可視光の光源を用いて検出した画像により欠陥を検出することやレビューすることは困難になってきており、光源に DUV 光を用いた検査装置で検出した画像や SEM で検出した画像を用いて欠陥の検査やレビューが行われるようになってきている。

【 0 0 0 3 】

しかし、DUV 光光源や S E M を用いて感度を向上させたことにより、本来検出する必要のないパターンの微細なムラを検出する、あるいは DUV 光を用いることにより発生する薄膜干渉部分を検出する、あるいは SEM 像を撮像する際に照射する電子がターゲットにチャージした箇所の検出など、本来欠陥ではない箇所を検出するといった問題が頻繁に発生するようになった。

【 0 0 0 4 】

これに対応するための従来技術として、例えば特開 2 0 0 1 - 7 7 1 6 5 号公報には、欠陥画像と参照画像との間で発生する局所的な階調値のむらを欠陥画像と参照画像との間の局所的な相関関係をもとにその画素が欠陥を構成しているか否かを判定する方法が述べられている。

【 0 0 0 5 】

また、特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 号公報には、本来同一のパターンが形成された箇所またはその近傍から検出によって得られる信号をもとにばらつきを算出し、算出されたばらつきに基づいて設定される判定基準をもとに検出された信号

から欠陥を検出する技術が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記従来技術では、対象とする欠陥の微細化とパターンの微細化に対して対応ができなくなっている。

【0007】

例えば、特開 2 0 0 1 - 7 7 1 6 5 号公報に記載された技術では、欠陥画像と参照画像間の相関を階調むらの異なる領域ごとに求め、この求めた相関に基づいて欠陥を検出しているが、この階調むらの異なる領域に分割する手段としてはテキスチャや階調値などの特徴量を用いていた。このため、確実に階調むらの異なる領域ごとに分割することが難しいが、これによって発生する可能性のある、同一の領域内に階調むらの程度が異なるものが属してしまうという問題については触れられていない。

一方、特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 号公報に記載されている方法では、本来同一のパターンが形成された箇所の近傍からの検出によって得られる信号をもとにばらつきを算出しているが、この方法は配線工程などに最近見られるようになったグレインの影響を除去することに対しては考慮されていない。グレインは配線工程によく見られる現象であり、配線表面が微小な凹凸を持ちそれが配線の検出される明度を変化させてしまう現象である。グレインは配線上のみに発生するが、特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 号公報に記載されているような、同一チップ箇所より得られた検出信号をもとに分散のような統計量で扱おうことができるほどに高い頻度で発生するとは限らない。

【0008】

この問題は、上記した従来技術で述べられている、近傍領域を大きくすることにより緩和されるが、今度は近傍領域の内部に異なった属性の領域、すなわち本グレインの例では本来配線パターン上のばらつきを算出することが必要であったのに近傍領域を大きくすることにより配線部以外を含めたばらつきを算出してしまう、配線パターン上のばらつきを算出できないという問題があった。このため、上記従来技術では検査あるいは欠陥の観察方法において感度を高くすればす

るほど欠陥ではない箇所を検出してしまい、本来の目的である欠陥の検出や観察が困難になるという課題があった。

【 0 0 0 9 】

また、1ステップで欠陥の抽出を行っていたため、メモリの制約のためばらつきの算出はガウス分布などの仮定をおく以外には方法がなく、複雑なばらつきを求めることはできなかった。更に、このガウス分布のばらつきはウェーハ全体の検査が行われた後はじめて求められたため、実際に検査を行っている最中にはこのばらつきは求められていないことになり、結局検査している箇所より数チップ前のばらつきのみからしきい値を決定するしかなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、上記した従来の技術の問題を解決して、欠陥の検査および観察において微細な欠陥を検出し、かつ欠陥ではない箇所を検出しない、あるいはグレイン等の製品に対しては影響のない現象であると分類するような欠陥検出あるいは観察方法を提供することである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記した従来技術の課題を解決するために、本発明では、観察対象の外観画像を撮像する工程と
前記観察対象の外観画像が期待した外観と大きく異なる領域を検出する工程と
前記検出した領域の特徴量を算出する工程と
前記検出した領域が本来もつ外観が類似したものの同士を同一のグループとして分類する工程と
前記グループ毎に前記検出した領域の特徴量を集計する工程と
前記グループに属する前記検出した領域の特徴量と前記集計した特徴量の分布とを比較して前記検出した領域の属性を決定する工程よりなる欠陥検査および評価方法を用いることにより解決される。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

図 1 から図 7 を用いて本発明を説明する。

【 0 0 1 3 】

図 1 は、本発明の 1 実施例である半導体欠陥分析装置の全体構成図である。101 は検査対象である半導体ウェーハである。半導体ウェーハ上には複数の同一設計のチップが形成されている。102 は照明手段であり検査対象 101 を照明する。撮像手段 103 は検査対象から反射される反射光を対物レンズ 100 を介して検出する手段である。

【 0 0 1 4 】

検出された光信号は 103 において電気信号に変換され、さらに図示していない A/D コンバータによってデジタル信号に変換された後、画像処理手段 104 に入力される。105 は位置ずらし手段である。位置ずらし手段は内部に設置されている FIFO 回路などにより位相をずらし、105 の出力信号と 103 の出力信号が本来同一の外観をもつように形成された、異なる箇所の信号になるように制御する。

【 0 0 1 5 】

106 は明るさ補正手段であり、例えば、特開 2001-77165 号公報に記述されているような方法により、103 の出力信号と 105 の出力信号との明るさを補正する。109 は比較手段であり、103 の出力信号と 106 の出力信号の差分を算出する。この差分が大きかった箇所は、欠陥候補としてみなすことができる。

【 0 0 1 6 】

110 は欠陥候補抽出器であり、109 の出力信号に対して 2 値化処理をかける。2 値化しきい値には 2 種類を設定しておき、1 つ目の 2 値化しきい値は欠陥候補を抽出するために用いる。すなわち、109 の出力信号を S とし、その絶対値を $ABS(S)$ 、1 つ目のしきい値を $Th1$ とすると、以下が成立する場合に欠陥候補として抽出する。

$$ABS(S) > Th1 \quad (\text{数 } 1)$$

2 つ目のしきい値 $Th2$ は、1 つ目に比較して抽出領域が大きくなるように低く設定する。さらに、109 の出力信号 S が $Th2$ よりも大きいものをそれぞれラベリング処理を行っておく。各ラベリング領域内で S の絶対値 $ABS(S)$ が $Th1$ を超

えるものがあるものを欠陥候補、そうでないものを差画像大領域と呼ぶ。

【 0 0 1 7 】

欠陥候補あるいは差画像大領域と判定された領域は、欠陥候補抽出器 1 1 0 で特徴量が抽出される。ここで、欠陥候補抽出器 1 1 0 において抽出される特徴量は、以下のとおりである。

- (1) 検査信号平均値、 (2) 検査信号ばらつき、 (3) 参照信号平均値
- (4) 参照信号ばらつき、 (5) 明度差平均値、 (6) 明度差ばらつき
- (7) 検出座標位置、 (8) 欠陥楕円近似サイズ

ここで、検査信号とは 1 0 3 の出力信号、参照信号とは 1 0 5 の出力信号、明度差とは 1 0 9 の出力信号に対応する。

【 0 0 1 8 】

1 0 7 は画像蓄積コントローラであり、次の機能を持つ。

(a) 欠陥候補抽出器 1 1 0 で検出された欠陥候補および差画像大領域の特徴量を画像情報格納メモリ 1 0 8 に格納する。

(b) 欠陥候補抽出器 1 1 0 で検出された欠陥候補の近傍画像を画像情報格納メモリ 1 0 8 に格納する。

(c) 欠陥候補抽出器 1 1 0 で検出された欠陥候補の近傍と本来同一の外観をもつ領域の画像を設定された数、位置において画像情報格納メモリ 1 0 8 に格納する。

【 0 0 1 9 】

1 1 1 は欠陥候補分類器であり、画像情報格納メモリ 1 0 8 に格納された画像および特徴量をもとに欠陥候補の分類、すなわち真の欠陥か否かの判定を行う。また、必要に応じて、更に、真の欠陥と判定されたものについて、より詳細な分類を行う。

【 0 0 2 0 】

1 1 2 はXYステージであり、1 1 2 の上に検査対象である半導体ウェーハは固定されている。シーケンス制御手段 1 1 3 により画像処理手段 1 0 4 およびXYステージ 1 1 2 が制御される。

【 0 0 2 1 】

次に、欠陥候補分類器 1 1 1 における欠陥候補の分類方法を、図 3 を用いて説明する。(a) の 3 0 1 は検査画像であり、(b) の 3 0 2 は比較画像である。検査画像 3 0 1 および比較画像 3 0 2 は配線工程で撮像した画像であり、配線上にグレインが観察できる。3 0 3 は欠陥であるのに対し、3 0 4、3 0 5 はグレインである。

【 0 0 2 2 】

図 3 (c) に、比較器 1 0 9 から出力される明度差画像 3 0 6 を示す。明度差画像 3 0 6 には、欠陥およびグレインが顕在化している。しかし、3 0 6 に示した画像 1 枚から欠陥とグレインを判別することは困難である。グレインには (a) の 3 0 5 に示すように明度差画像における明度が低いものもあるが、一方、3 0 4 に示すように欠陥よりも明度差が大きいものもあるためである。

【 0 0 2 3 】

図 3 (d) には、同一チップ座標で検出した差画像大領域と欠陥候補を重ねて表示した蓄積差画像 3 0 7 を示す。グレインが発生しやすい箇所は決まっているため、同一の外観と成るように形成されたパターンにおいて、各パターンの対応する箇所でグレインが発生しやすい。このため、蓄積差画像 3 0 7 において、一つのチップのグレインの欠陥候補の近傍には、他のチップのグレインの欠陥候補あるいは差画像大領域を見つけることができる。そこで、蓄積差画像 3 0 7 において近接している欠陥候補および差画像大領域によりグループを作成する。

【 0 0 2 4 】

図 3 (d) において、欠陥候補 3 0 8 に関しては、近傍に他の欠陥候補がないため、欠陥候補 3 0 8 を含むようにグループ化する場合、3 1 0 のように、欠陥候補として 3 0 8 だけしか含まれない。一方、欠陥候補 3 0 9 を含むグループは、欠陥候補 3 0 9 の近傍に存在する欠陥候補も含んで、3 1 1 のようになる。グレインや薄膜干渉より発生した本来は欠陥ではない欠陥候補は、一般にエリア状あるいはライン状に発生する。

【 0 0 2 5 】

配線近傍の欠陥に対して感度をあげるためには、グループはライン状に作る事が望ましい。注目する欠陥候補が属し、かつグループ内に最も多くの欠陥候補

あるいは差画像大領域が属するようなライン状のグループを生成する。このグループ内の欠陥候補および差画像大領域をもとに、欠陥候補の発生する可能性を推定する。すなわち、グループ内に多くの欠陥候補および差画像大領域が属しており、その特徴量、例えば評価を行う欠陥候補の明度差に類似していれば、評価する欠陥候補は欠陥ではないと考えられる。

【 0 0 2 6 】

特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 号公報には、同一チップ箇所より得られた検出信号をもとに、分散のような統計量で扱う手法が記載されているが、グレインなどの欠陥候補や差画像大領域は、ガウス分布から一般に大きく外れている場合が多い。さらに、グレインは局所的に発生するため、他のチップの同一箇所には発生していない可能性が高い。

【 0 0 2 7 】

このため、従来のように、同一箇所のばらつきを算出するだけでは良好な精度を確保することができない。本発明においては、上記に述べたグループ化により、必ずしも同一ではない近傍の箇所も含めて明度差の分布を算出することが可能になり、より高い精度での欠陥の判定を行うことができる。

【 0 0 2 8 】

本発明を、特開 2 0 0 0 - 1 0 5 2 0 3 号公報に記載されている方法、即ち、半導体ウェハ上に形成したチップ内の領域毎に算出した信号のばらつきをもとに閾値を設定する方法と組み合わせることも可能である。

【 0 0 2 9 】

欠陥候補や差画像大領域として検出されなかった領域においては、その明度差は 0 を中心としたガウス分布で近似可能である。グループ化による周辺を含めた信号の比較によるばらつきの算出は、発生頻度の少ないばらつきを精度良く求めるのに有効であるが、一方、複数の属性をもつ領域、例えば配線上と配線外、を同一のグループに割り振ってしまう可能性がある。そこで、欠陥候補、差画像大領域として検出されなかった信号に関してはグループ化を行わず、同一のチップ座標に対応する信号のみから算出することが望ましい。

【 0 0 3 0 】

ガウス分布という制約を用いた近似が可能である場合には、多くのデータがなくともそのばらつきを精度良く求めることができるためである。この分布の標準偏差をマップしたものの概念図を、図 4 (a) の分散マップ 4 0 1 に示す。図 4 (b) の 4 0 2 は、欠陥候補 3 0 9 に対応する明度差の頻度分布を示す。欠陥候補 3 0 9 の明度差を 4 0 2 の頻度分布に基づいて評価し、実際の欠陥か否かを判定することが可能になる。

【 0 0 3 1 】

さて、欠陥候補に関するグループ化の課題は、1つのグループに複数の属性の欠陥候補あるいは差画像大領域が混入してしまうことにある。この混入を防ぐには位置情報以外の特徴量を組み合わせることが有効である。この1つの方法としては参照画像の明度値を用いる方法が挙げられる。一般に異なる属性の箇所は異なる明るさを持つ。そこで、異なった明るさの領域は欠陥候補、あるいは差画像大領域が近傍にあったとしても同一のグループには混入させないという方法を用いることができる。

【 0 0 3 2 】

ここで、注意する必要があるのは、異なるチップにおいてそれぞれ異なって発生する明るさのむらである。欠陥候補やあるいは差画像大領域を検出した際の参照画像の明度をもとにしては、参照画像の明るさのムラの影響を強く受けてしまい、異なる属性の箇所を安定して分離することは困難である。そこで、図 5 (a) の 5 0 1 のようなゴールデンパターンを算出して、この明度をもとに分離を行う。ゴールデンパターンは、同一のチップ座標の明度の平均値、あるいはメディアン値を画像としたものである。これを用いることにより、各チップごとの明るさむらに影響を受けずに欠陥候補、あるいは差画像大領域を分離する。

【 0 0 3 3 】

これを模式的に示したものが、図 5 (b) の参照明度ごとの頻度分布 5 0 2 である。4 0 2 の場合と同様に頻度分布は、ガウス分布 5 0 3 と、差画像大領域・欠陥候補よりなるガウス分布以外の分布 5 0 4 とから構成されている。ガウス分布の領域 5 0 3 は、評価を行う欠陥候補の画素に対応する分布に対応しているため、その画素の明度における分布が示されている。5 0 4 は近傍に存在している

欠陥候補と差画像大領域の分布を示している。504の分布は503の分布とは異なっているため、同一のグループとは判定しない。

【0034】

図5(c)の特徴空間上の頻度分布505では、さらにその他の特徴量を用いて多次元特徴空間でグループの特定を行う方法を示している。例えば、特開2001-77165号公報には、空間を分割するのに画像のテクスチャやエッジ情報などを用いることが記載されている。このような特徴量を用いて多次元特徴空間を形成することもできるが、一般にテクスチャやエッジ情報は複数の画素をもとに特徴量を算出するため、空間的な分解能が悪くなるという問題を発生させる。

【0035】

そこで有効になるのは、試料上の本来同一の外観になるべき個所を撮像して得た画像に対応する各画素をもとにした特徴量であり、例えば差画像の分散などを用いればよい。もともと、ばらつきの大きい箇所と小さい箇所が同一のグループに混入することを防ぐことが目的で多次元特徴量空間を用いているが、この特徴量を用いてグループを設定することにより、少なくとも異なったばらつきを持つものが同一のグループとして設定されることが無くなる。グループが設定された後、このグループ内に属する欠陥候補および差画像大領域の情報から算出したばらつきをもとにして欠陥候補が実際の欠陥であるか否かを判定する。

【0036】

また、これ以外の特徴としては、設計情報を用いることが挙げられる。例えば、対象パターンが半導体メモリであるとする、そのメモリセル部はその周辺パターンに比べて極めて配線ピッチが細かくグレインの発生状況や薄膜干渉の出方などが大きく異なる。配線ピッチの細かさなど欠陥を検出する上で大きな影響を及ぼす設計データをもとにグループを設定することによっても、上の方式と類似した効果をもたせることが可能である。

【0037】

さて、以上に述べたようにグループ化をするには、1) 同一チップ座標で検出した差画像大領域と欠陥候補を重ねあわせ近接したものの同士をグループ化する基

準、2) 検査信号、あるいは参照信号をもとにして算出した特徴量の類似性、3) 同一チップ座標における検査信号あるいは明度差信号のばらつき、4) 設計情報、の4つの基準を用いてグループ化することができるが、簡略的にはこれのなかのいずれか1つを用いてグループ化してもよいし、あるいはその中のいくつかを組み合わせてもよい。

【0038】

このシーケンスを図6に示す。グループ化は、ウェーハ全ての画像が検出されて欠陥候補および差画像大領域が全て検出された後に行い、上記で説明した方法により再度欠陥候補を評価して欠陥であるか否かを識別する。

【0039】

なお、本発明を図1に示した構成を用いて説明してきたが、似たような機能を、図2に示した構成を用いて実現することも可能である。図2では、図1と異なり、欠陥候補および差画像大領域の画像は記憶されず、特徴量のみが格納される。図2の構成では欠陥候補の画像を格納しないために、比較的少ないメモリによって構成することが可能である。

【0040】

ここでは、前提として501のゴールデンパターンと401の分散マップは生成されていたとする。欠陥の領域、位置は楕円近似されているため、欠陥候補領域におけるゴールデンパターンの各画素の明度と分散マップの値は求めることができる。ここで、図2の構成では差画像値のデータが得られないことから、欠陥候補領域の各画素の差画像値をばらつきをもとに再度2値化することは不可能ではあるが、欠陥候補領域が何れの位置においても同じ差画像平均値と分散をもつと仮定することにより、この欠陥候補領域において閾値を超える画素の存在の有無を判定することができる。

【0041】

ここまでの欠陥の識別法では、基本的に検査信号と欠陥候補を抽出する際に用いた参照信号がともには大きく変動することがないことを前提にしてきた。しかし、最近のDUV光など短波長照明光源を用いた欠陥検査においては、検査信号、参照信号がともに薄膜干渉の影響を受け、ゴールデンパターンから大きくずれて

しまう可能性がある。検査信号と参照信号とが、ゴールデンパターンに対してそれぞれ逆にずれた場合には、明度差は極めて大きくなり、上記で述べた手法でも欠陥部と良品部を識別することは困難になる。

【 0 0 4 2 】

そこで、このような場合に対応するため、異なる参照信号を設定して再度明度差を算出することでこの問題を解決する。1つの容易な設定方法は、ゴールデンパターンとの比較である。ゴールデンパターンは、複数の箇所の平均であるからS/Nが高く、極端に明るかったり暗かったりといった現象は発生しない。さらに、薄膜干渉の影響を減らすためには、より多くの画像を用いて参照信号を作ることがあげられる。これを、図7を用いて説明する。

【 0 0 4 3 】

図7において、701を参照信号として比較を行い、欠陥候補として検査対象のパターン702が検出されたとする。このとき、図1の107は、702と同じチップ座標のパターンを画像情報格納メモリに格納していく。一定数の取り込みの終了とともに、702と最も近くなるように参照画像を算出する。この方法としては例えば最小二乗法などを用いればよい。例えば、701、703…707の画像をそれぞれベクトル表現して $I_1, I_2 \dots I_6$ とした際、生成される参照パターンである709を線形和 $G_1 I_1 + G_2 I_2 + \dots + G_6 I_6$ とおき、702のパターンを ID とおいた場合に $(ID - (G_1 I_1 + G_2 I_2 + \dots + G_6 I_6))^2$ を最小にするように $G_1, G_2 \dots G_6$ を算出し709を生成すればよい。

【 0 0 4 4 】

また、より容易な方法としては、701、703…707の中で最も702に近いパターンを参照画像として設定する方法を適用してもよい。新たに生成した参照画像と検査画像との明度差を算出し、この明度差が閾値以下であった場合には欠陥候補、あるいは差画像大領域からはずす。この構成を示したのが図8である。

【 0 0 4 5 】

さて、ここまではグレインや薄膜干渉といった欠陥とは考えられない現象が欠陥に混入することを除くための方法について述べてきたが、一般に工業製品の検

査の目的はその不良の原因が何にあるのかを特定することであり、真の欠陥を抽出するだけでは不十分であるし、またここで真の欠陥と判定されたものにも欠陥ではないものが混入してくる可能性がある。そこで、欠陥候補のうち欠陥として分類されたものに関しては、さらにより複雑な特徴量を用いて分類を行う。これを示したものが図9である。

【0046】

画像特徴空間は、大きくわけて差画像特徴901、ゴールデンパターン特徴902、検査画像特徴903、ばらつき分布904の各特徴をもとにして欠陥を分類する。各欠陥領域からこれらの特徴量を算出し、特徴ベクトルとして表現する。分類すべき欠陥のクラスの境界は、予めユーザによる教示かあるいはシステムに既に登録されている境界をもとに分離する。

【0047】

ユーザが欠陥クラスの境界を決定するためには、既に撮像された欠陥画像の属性をユーザが教示することによりシステムが自動的に境界を設定することが一般的であるが、このときユーザは、図1の欠陥候補検出器110で欠陥候補として検出されたもののうち、欠陥候補分類器111において欠陥であるとして判定されたもののみを教示すればよい。また、欠陥候補分類器111において欠陥ではないと判定されたものを自動的に欠陥ではないサンプルとして特徴空間内で教示することにより、欠陥候補分類器111では欠陥として判定されたものの決定をこの分類によって覆すことができるようにした方が、性能を向上させることが可能である。

【0048】

以上に述べたように、本発明では、欠陥候補を検出し、欠陥かそうでないかにより粗分類を行った後に再度細分類を実施するわけであるが、この理由は次のとおりである。

まず1つは、ユーザの教示の労力を削減できることである。多数の欠陥ではない画像が検出された場合、これをユーザが判断して教示することは極めて時間がかかってしまい、多品種工程においては製品の出荷を遅らしてしまう原因にもなってしまうことが挙げられる。細分類には一般に数多くの特徴量が必要になるが

、多くの特徴量が存在すれば、この特徴空間において精度の良い分類を行うためには多くの教示サンプルが必要になり、この事実もあらゆる品種において教示を行うことが難しいことを示している。また、教示を行わなければ欠陥かそうでないかを判断することさえも難しいという状況では、システムの稼働率を下げざるをえなくなってしまう。

【 0 0 4 9 】

本方式を用いることにより、細分類をおこなわない場合にも教示をすることなく欠陥とそうでないものとに分類することができ、多品種工程においてもユーザーに利便のよいシステムを提供することができる。また、細分類の前に擬似欠陥を除くことができるため、分類を単純化することができ、結果的に分類の正解率を向上させることができる。

【 0 0 5 0 】

なお、上記した説明では、本発明を半導体デバイスを検査する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばT F Tパネルの製造工程における欠陥の検査およびその評価、P D Pパネルの製造工程における欠陥の検査およびその評価、ハードディスクのG M Rヘッド製造工程における欠陥の検査およびその評価、プリント基板における欠陥の検査およびその評価などいずれの対象に対しても適用することができる。

【 0 0 5 1 】

また、半導体の検査についてより詳細に述べれば半導体の検査方式には明視野検出方式、暗視野検出方式、レーザマルチフォーカス式検出方式、S E M式検出方式、A F M式検出方式、S I M式検出方式など数々の方法が提案されているが、そのすべてに対して適用することができる。

【 0 0 5 2 】

【発明の効果】

前記説明した欠陥検査および評価方法を適用することにより、微細化した半導体パターンやその他の試料を対象とした検査および評価において、真の欠陥と擬似欠陥とを正確に分類し、真の欠陥について、さらに詳細に分類することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による欠陥検査装置の基本構成を示すブロック図である。

【図 2】

本発明による欠陥検査装置の構成の変形例を示すブロック図である。

【図 3】

(a) から (c) は、擬似欠陥の発生の様子を説明する図、(d) は、本発明による擬似欠陥のグルーピングを説明する図である。

【図 4】

分散マップの例と明度差の擬似分布を示す図である。

【図 5】

(a) は、本発明で用いるゴールデンパターンの一例を示す図、(b) は、参照明度ごとの頻度分布を示す図、(c) は、検出した欠陥候補の特徴空間上の頻度分布を示す図である。

【図 6】

本発明による欠陥検査方法のシーケンス図である。

【図 7】

本発明による画像比較方法を説明する図である。

【図 8】

本発明による画像比較方法を説明する図である。

【図 9】

本発明において検出した真の欠陥を細分類をする際に用いる特徴空間の説明図である。

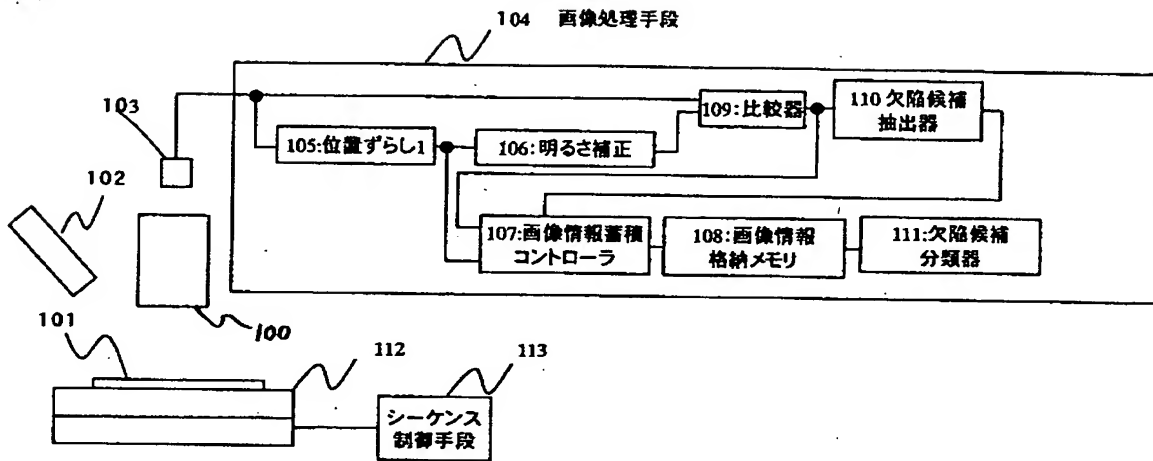
【符号の説明】

1 0 1・・・検査対象 1 0 2・・・照明手段 1 0 3・・・撮像手段 1 0 4・・・
画像処理手段 1 0 5・・・位置ずらし手段 1 0 6・・・明るさ補正手段 1
0 7・・・画像蓄積コントローラ 1 0 8・・・画像情報格納メモリ 1 0 9・・・
比較手段 1 1 0・・・欠陥候補検出器 1 1 1・・・欠陥候補分類器

【書類名】 図面

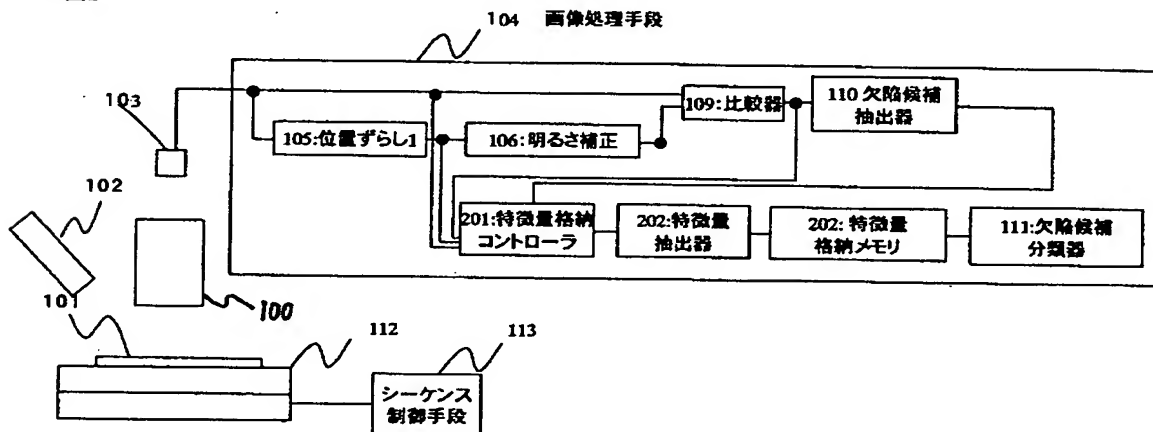
【図 1】

図1

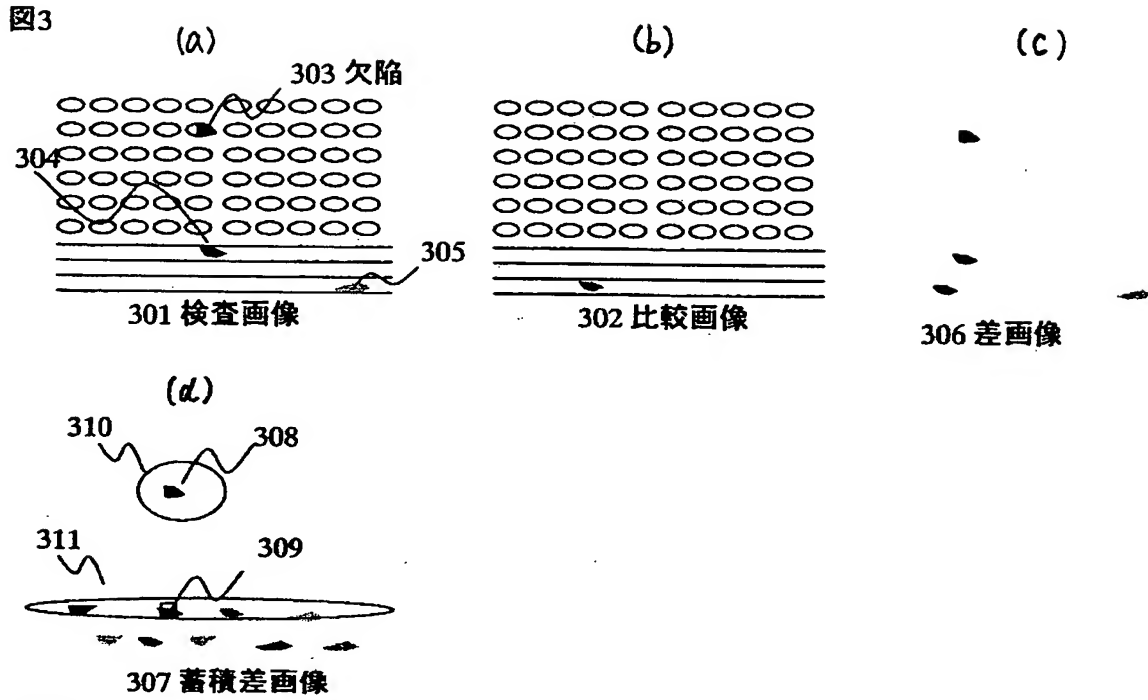


【図 2】

図2

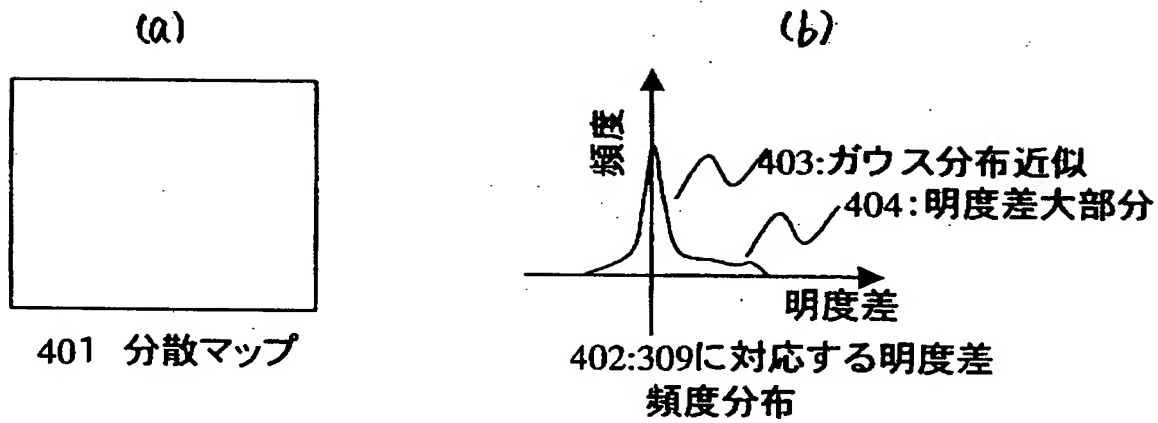


【図 3】



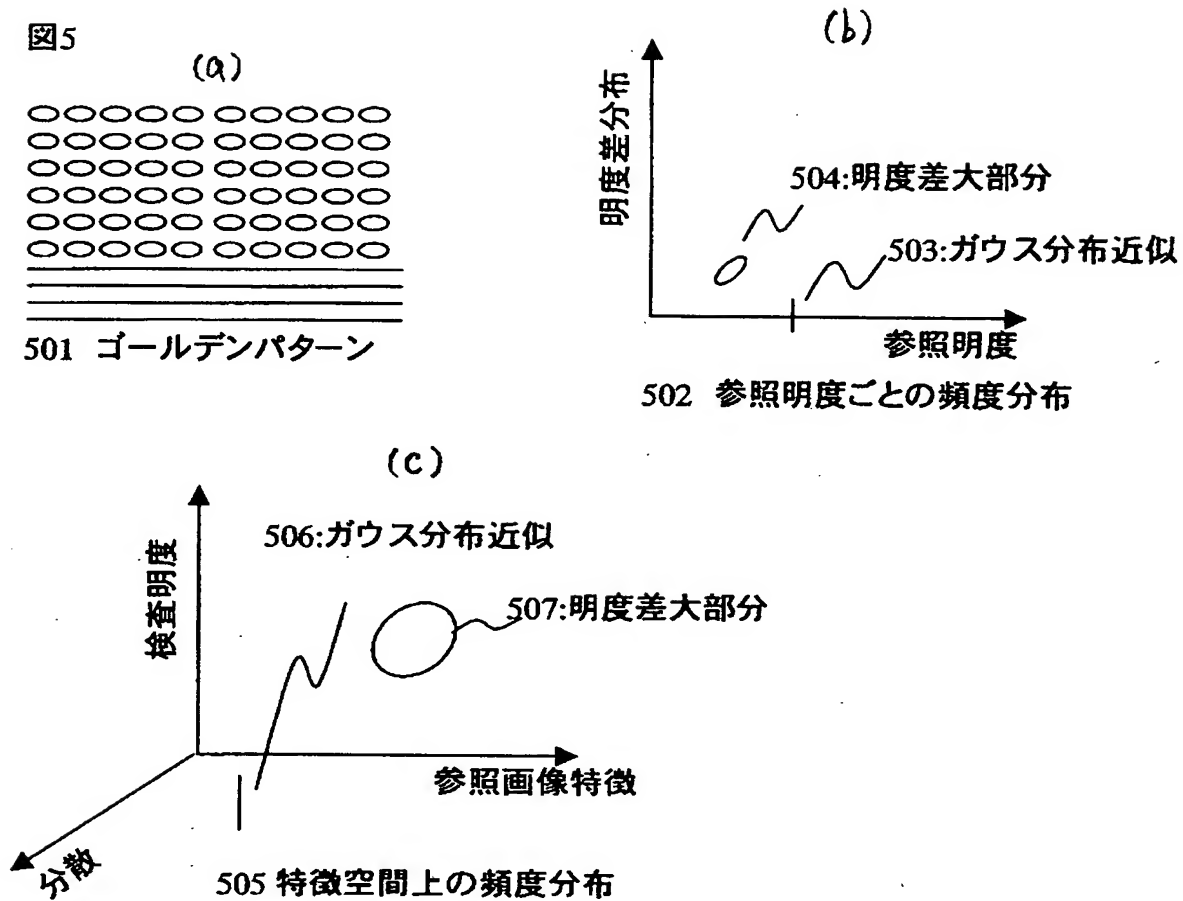
【図 4】

図4



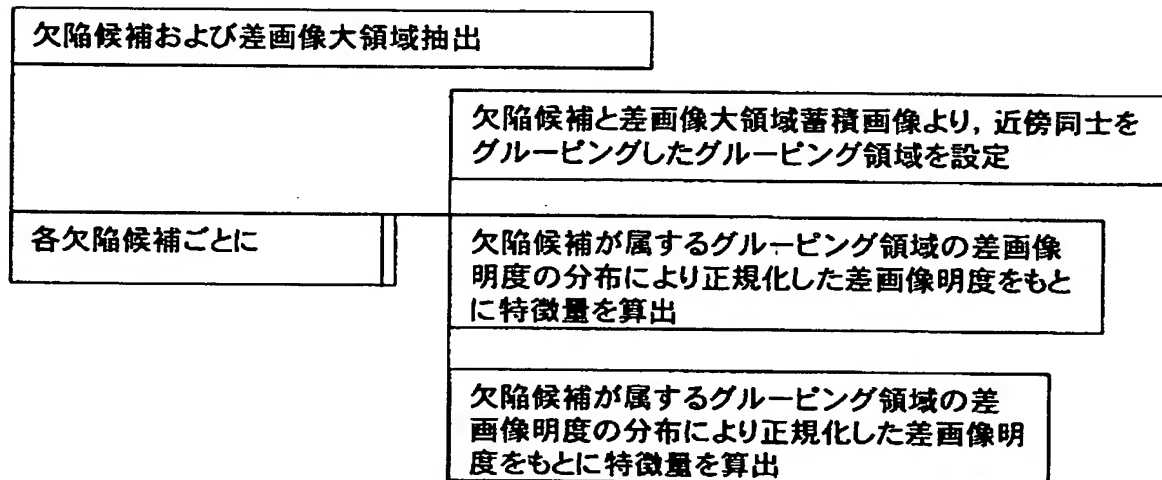
【図 5】

図5

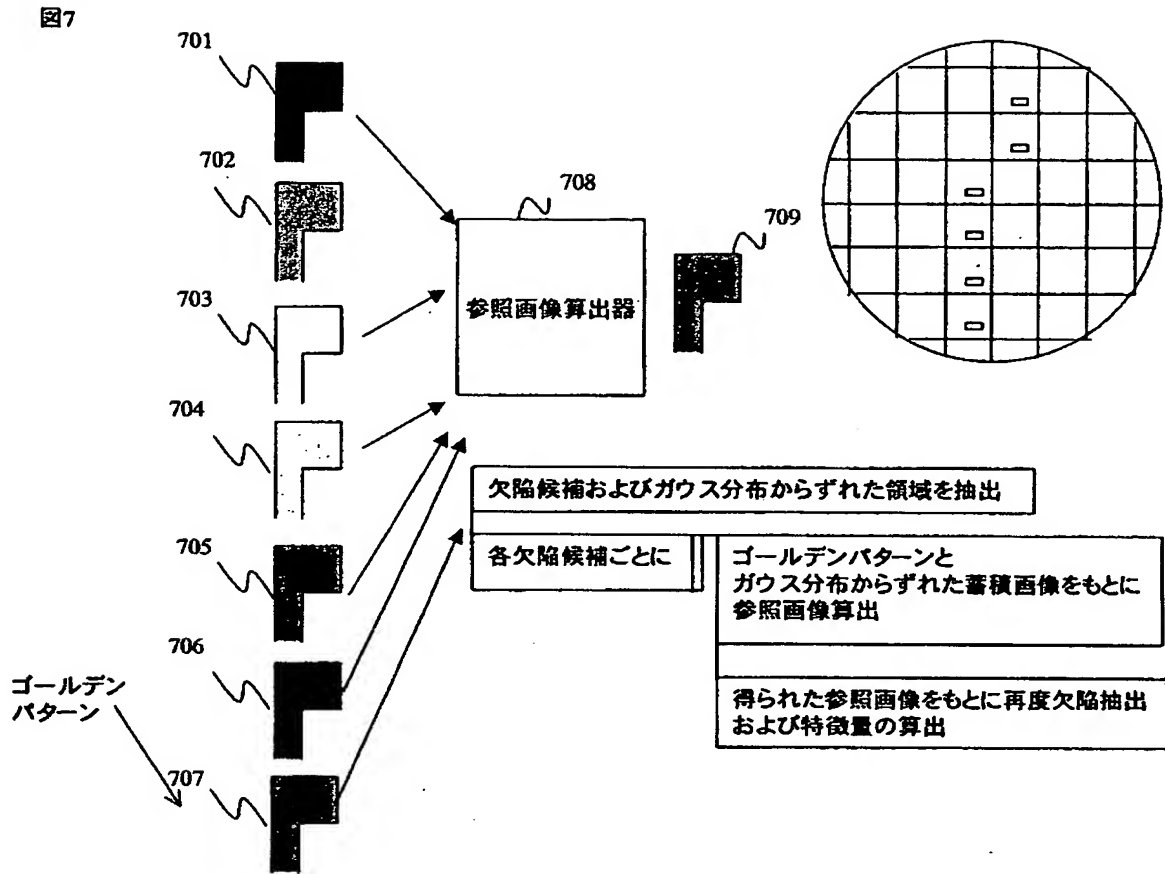


【図 6】

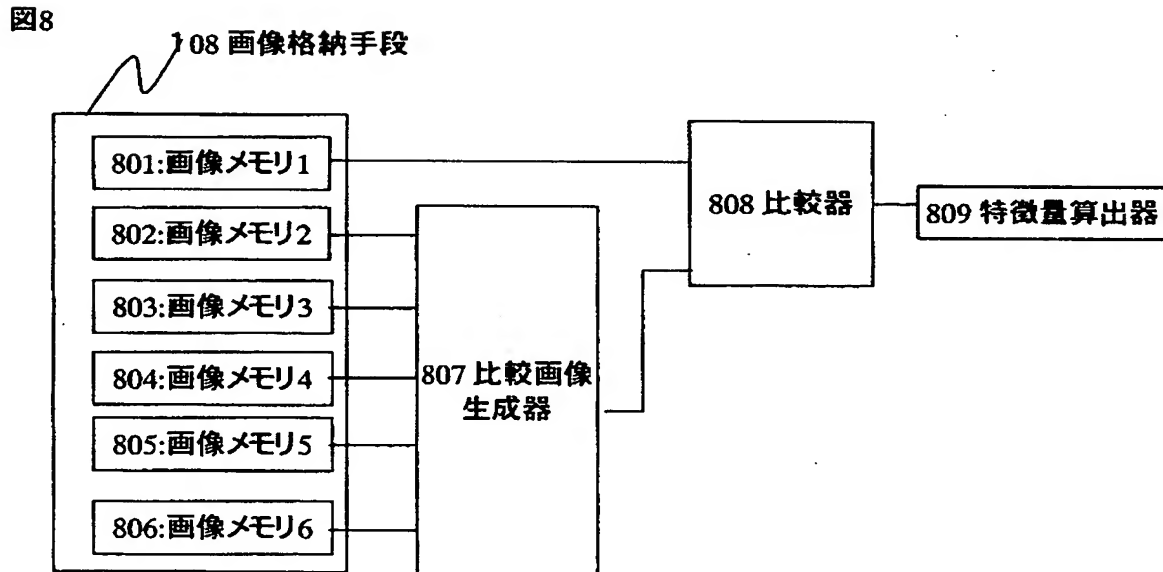
図6



【図 7】

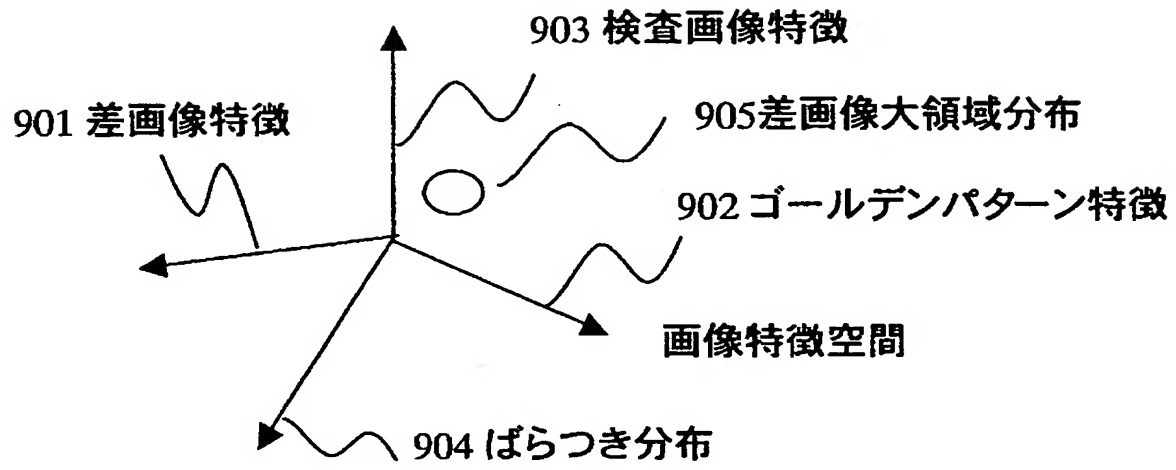


【図 8】



【図 9】

図9



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】製品のばらつきによる擬似欠陥が大量に発生し、再分類が困難になる。

【解決手段】複数の本来同一の外観を持つ箇所で得られた欠陥候補および比較用に検出した外観が大きくことなる箇所を多数検出し、得られた領域を重ね合わせてそれぞれを互いの距離や特徴量、ばらつきをもとに検出された領域をグループ化し、グループ化した領域のばらつきをもとに欠陥を真の欠陥と擬似欠陥に分類し、真の欠陥と判定された領域より得られた特徴量と明度差特徴量とゴールデンパターン特徴量とばらつきをもとに細分類をおこなう。

【選択図】 図 1

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 3 4 3 0 1
受付番号	5 0 2 0 1 1 9 6 1 0 8
書類名	特許願
担当官	山内 孝夫 7 6 7 6
作成日	平成 1 4 年 9 月 1 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 8月12日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [501387839]

1. 変更年月日	2001年10月 3日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区西新橋一丁目24番14号
氏 名	株式会社日立ハイテクノロジーズ